

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-258517

(43)Date of publication of application : 22.09.2000

(51)Int.Cl.

G01R 33/02

G11B 5/33

H01L 27/22

H01L 43/00

(21)Application number : 11-062530

(71)Applicant : JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY  
CORP

(22)Date of filing : 10.03.1999

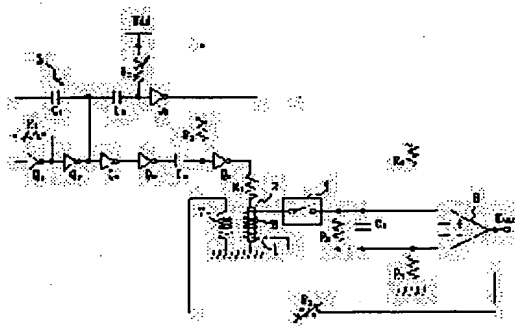
(72)Inventor : MORI KANEO

## (54) MAGNETIC IMPEDANCE EFFECT MICRO-MAGNETIC SENSOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic impedance effect micro-magnetic sensor the temperature characteristic of which is stabilized and, at the same time, the power consumption of which can be reduced.

**SOLUTION:** A magnetic impedance effect micro-magnetic sensor is provided with a head 2 which is excited in the peripheral direction by a pulse conducting current and is made of a magnetic material having high magnetic permeability, a coil 5 wound around the head 2 in the peripheral direction, and an electronic switch 4 which detects the first pulse of the voltage induced in the coil 5. Therefore, the temperature characteristic of the sensor can be stabilized and, at the same time, the power consumption of the sensor can be reduced. In addition, the sensor can obtain a high-linearity hysteresis-free magnetic field sensor characteristic due to a negative feedback effect.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3645116

[Date of registration] 10.02.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] (a) The magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor characterized by providing the high permeability magnetic-substance head excited in the circumference direction with a pulse energization current, the coil wound in the circumference direction of (b) this high permeability magnetic-substance head, and the electronic switch which detects the 1st pulse of the induced voltage of (c) this coil.

[Claim 2] It is the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor characterized by being the magnetic-substance head for which said high permeability magnetic-substance head used the amorphous magnetic substance in the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor according to claim 1.

[Claim 3] It is the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor characterized by said amorphous magnetic-substance head being an amorphous wire in a magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor according to claim 2.

[Claim 4] It is the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor characterized by being the head to which said high permeability magnetic-substance head has a magnetic anisotropy in the circumference direction in a magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor according to claim 1, 2, or 3.

[Claim 5] It is the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor characterized by for said pulse energization current making said high permeability magnetic-substance head produce the skin effect in a magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor according to claim 1, and generating the magnetic impedance effectiveness.

[Claim 6] The magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor characterized by providing the feedback coil which generates the negative feedback field which is made to impress the current which is proportional to sensor output voltage from the amplifier connected to said electronic switch in a magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor according to claim 1, and offsets an external magnetic field  $H_{ex}$ .

[Claim 7] The magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor characterized by raising the temperature stability according said high permeability magnetic-substance head to two heads, nothing, and common mode counter acting effect in a magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor according to claim 1 or 6.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor which temperature stability is high and detects a minute field by high sensitivity and high-speed response.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a conventional high sensitivity magnetometric sensor, there are a flux gate sensor and a magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor (MI sensor) already proposed by the invention-in-this-application person (for example, refer to JP,9-133742,A and JP,9-329655,A).

[0003] Although a flux gate sensor is a high sensitivity field sensor famous for having been used for moon MAG detection by the Apollo Project, in order that it may avoid the effect of an anti-field of the head edge by exciting by the alternating current field in the die-length direction of a head, it set the die length of a head as 20-30mm, and has realized the high resolution of MAIKUROGAUSU using the sensitivity over the external magnetic field of the flux reversal of the center section of the head.

[0004] Because of this theoretic fault, by the flux gate sensor, the formation of a micro dimension of a head is impossible, and since the field detection sensitivity of a head edge is low, it is inapplicable to the head of magnetic recording, and the head for rotary encoders which detects the surface partial field of a high density magnetization object. Chiefly, it is high sensitivity only to a uniform field. Several kHz of a speed of response is common because of the large amplitude excitation with a coil, and it is difficult to detect a field dozens of kHz or more. Furthermore, for this large amplitude excitation, power consumption is ten or more VAs, and there is difficulty in portability.

[0005] Since the impedance makes it the principle to change sensitively by the external magnetic field and MI sensor does not produce an anti-field on the other hand by energizing the high frequency current or pulse current to the magnetic substance of a head, and making it generate the skin effect, Even if it sets a head as the micro dimension of 1mm or less short, the field detection power of MAIKUROGAUSU is demonstrated, the high-speed response of MHz is also easy, and further, since the power consumption of pulse current excitation and a pulsed magnetic field bias method MI sensor is about 10mW, it is rich in portability.

[0006] The comparison of the fundamentality ability of a flux gate sensor and MI sensor is shown in Table 1.

[0007]

[Table 1]

磁界センサ	ヘッド寸法	分解能	応答周波数	消費電力
フラックスゲートセンサ	20mm	10 <sup>-1</sup> G	数kHz	10VA
MIセンサ	1mm	10 <sup>-1</sup> G	MHz	10mW

[0008] Thus, since MI sensor is a super-high performance micro magnetometric sensor which has all of a micro dimension head, high sensitivity, a high-speed response, and four advantages of a low power, the utilization to an electromagnetic wave sensor, an electromagnetic wave signal analysis machine, an earth magnetism bearing sensor, a handicap earth magnetism sensor, a speed sensor, an acceleration sensor, etc. has expanded it quickly.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since the conventional MI sensor was using diodes for RFs, such as a Schottky barrier diode, for detection, on the occasion of the application to the automobile field etc., it became clear that it was the technical problem which the instability of the temperature characteristic should solve that direct-current output voltage is changed under the environment where the environmental temperature of a sensor is changed sharply.

[0010] Moreover, since a bias field was impressed to a head and a linear field sensor was constituted from an old MI sensor, power consumption became comparatively large in many cases.

[0011] This invention aims at offering the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor which can decrease power consumption while it removes the above-mentioned trouble and attains stabilization of the temperature characteristic.

[0012]

[Means for Solving the Problem] This invention possesses the high permeability magnetic-substance head excited in the circumference direction with a pulse energization current, the coil wound in the circumference direction of this high permeability magnetic-substance head, and the electronic switch which detects the 1st pulse of the induced voltage of this coil in a [1] MAG impedance effectiveness micro magnetometric sensor, in order to attain the above-mentioned purpose.

[0013] [2] In the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor of the above-mentioned [1] publication, it is characterized by said high permeability magnetic-substance head being a magnetic-substance head which used the amorphous magnetic substance.

[0014] [3] In the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor of the above-mentioned [2] publication, it is characterized by said amorphous magnetic-substance head being an amorphous wire.

[0015] [4] In a magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor the above [1], [2], or given in [3], said high permeability magnetic-substance head is characterized by being the head which has a magnetic anisotropy in the circumference direction.

[0016] [5] Said pulse energization current makes said high permeability magnetic-substance head produce the skin effect, and make it generate the magnetic impedance effectiveness in the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor of the above-mentioned [1] publication.

[0017] [6] In the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor of the above-mentioned [1] publication, make the current which is proportional to sensor output voltage from the amplifier connected to said electronic switch impress, and provide the feedback coil which generates the negative feedback field which offsets an external magnetic field  $H_{ex}$ .

[0018] [7] Raise the temperature stability according said high permeability magnetic-substance head to two heads, nothing, and common mode counter acting effect in a magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor the above [1] or given in [6].

[0019]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail.

[0020] First, the 1st example of this invention is explained.

[0021] Drawing 1 is the block diagram of a magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor (MI) sensor circuit showing the 1st example of this invention.

[0022] In this drawing 0 magnetostriction amorphous wire and 2 1 MI component, 3Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, and Q6 The power circuit which consists of the CMOS inverter and CR differential circuit of (74AC [ for example, ]04), The coil with which 4 was wound around the analog switch

(for example, 74HC4066), and 5 was wound in the circumference direction of 0 magnetostriction amorphous wire 1, 6 — amplifier (for example, AD524) and 7 — a feedback coil and R1 — 3k — ohm, C1, C2, C3, and C4 are 100pF, 510kohm and R2 — 3kohm and R3 200kohm and R4 1 ohm and R5 5.1kohm and R6 2kohm and R7 2kohm and R8

[0023] As shown in this drawing, the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor (MI sensor) circuit of this example The MI component 2 which formed the electrode in the both ends of 0 magnetostriction amorphous wire 1 of 2mm length and the diameter of 30 micrometer with soldering is used as a head. Pulse current of about 5ns of build up time generated in the power circuit 3 which consists of a CMOS multivibrator and a CR differential circuit is impressed to the MI component 2, and it constitutes so that the induced voltage of the coil 5 of 40 turns wound in the circumference direction of this MI component 2 may be detected.

[0024] The above-mentioned 0 magnetostriction amorphous wire 1 is a wire with which it has negative magnetostriction ( $-10-7$ ) slightly, and the anisotropy is strictly guided to the circumferential direction by tension annealing. Therefore, when the external magnetic field Hex of the wire die-length direction is 0, change of the magnetic flux by the energization pulse current of a wire 1 is only a circumferential direction, a flux linkage with the coil 5 wound in the circumference direction of a wire 1 is 0, and the induced voltage of this coil 5 is 0.

[0025] If an external magnetic field Hex is impressed, the magnetization vector of a wire 1 will incline in wire shaft orientations, and a magnetization vector will rotate to a circumferential direction by the field of the circumferential direction by energization pulse current. The wire shaft-orientations component of the flux reversal at this time interlinks with a coil 5, and induced voltage occurs in a coil 5. The sign of the induced voltage of this coil 5 becomes the sign and reverse of an external magnetic field Hex. Migration of a magnetic domain wall is controlled for a skin effect, and only rotation of a magnetization vector produces a wire 1. The induced voltage of the coil [ in / for this magnetization actuation / this circuitry ] 5 turns into an electrical potential difference which is proportional to an external magnetic field Hex, without impressing a bias field like before, and the property of a linear field sensor is expressed.

[0026] However, an induced voltage wave turns into LC oscillatory wave form by the stray capacity of a coil 5 instead of a pure pulse voltage waveform for the abrupt change of the flux linkage by steep pulse current. Since only the 1st pulse shape of this oscillatory wave form changes to high sensitivity in proportion to an external magnetic field Hex, in order to constitute a high sensitivity field sensor, it is necessary to extract only the 1st pulse shape. Here, an analog switch 4 extracts only the 1st pulse shape.

[0027] Drawing 2 shows the experimental result which made the value Eout which carried out the peak hold of the height of the 1st pulse of coil induced voltage for the axis of ordinate, and the axis of abscissa the impression field Hex. | It is Eout if Hex| is made to increase up to 0 to about 1.2 Oe(s). It increases in proportion to Hex and |Hex|>1.2Oe is Eout. It is decreasing.

[0028] It is necessary to make the trigger pulse of this analog switch 4 into a leading phase from a wire energization pulse, and he is trying to delay a wire energization pulse for about 10ns through two inverters (Q3 and Q4).

[0029] The height of the 1st pulse of the induction pulse voltage of this coil 5 is changed into direct current voltage in a peak hold circuit (R5 and C4), and serves as sensor output voltage with amplifier 6. The current proportional to sensor output voltage is impressed to a feedback coil 7, and generates the negative feedback field which offsets an external magnetic field Hex.

[0030] According to this negative feedback effectiveness, as shown in drawing 3, the field sensor property that no hysteresis with sufficient linearity is is acquired.

[0031] Drawing 4 is drawing showing the temperature characteristic temperature characteristic of the output voltage of the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor of the 1st example of this invention, the rate of a drift of sensor output voltage is shown on an axis of ordinate(%), and temperature (degree C) is shown on the axis of abscissa by it.

[0032] In this drawing, b shows the measurement result of the temperature characteristic of the coil electrical-potential-difference detection type single head MI sensor according the property of MI sensor of a single head that a used the conventional Schottky barrier diode, to the

magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor of the 1st example of this invention.

[0033] It is change of zero electrical potential difference at the time of installing the whole sensor in an electric furnace and raising temperature from a room temperature to 80 degrees C, and it turns out [ of MI sensor of the former / incidence rate / to a full-scale electrical potential difference / of zero electrical potential difference ] by MI sensor of this invention that is decreased to 5 by about 1/.

[0034] Next, the 2nd example of this invention is explained.

[0035] Drawing 5 is the block diagram of a magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor (MI sensor) circuit showing the 2nd example of this invention.

[0036] In this drawing, the power circuit where 0 magnetostriction amorphous wire and 12 include MI component, and, as for 13, 11 includes a CMOS multivibrator and CR differential circuit, Q1, Q2, Q3 and Q4, Q5, Q6, and Q7 (for example, 74AC04) constitute the CMOS inverter. Moreover, it has an analog switch 14 (for example, 74HC4066), coils 15 and 16, amplifier 17 (for example, AD524), and feedback coils 18 and 19. R1 5.1kohm and R2 3kohm and R3 200 ohms, R4, and R5 51kohm, R6, and R7 2kohm and R8 3k — ohm, C1, C2, C3, C4, and C5 are 100pF.

[0037] He develops MI sensor circuit of the 1st example into 2 head circuits, and is trying to constitute the good sensor of temperature stability from this 2nd example by offsetting common mode noise.

[0038] Drawing 6 is drawing showing the temperature characteristic of the output voltage of the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor of the 2nd example of this invention, the rate of a drift of sensor output voltage is shown on an axis of ordinate(%), and temperature (degree C) is shown on the axis of abscissa by it.

[0039] In this drawing, b shows the measurement result of the temperature characteristic of the coil electrical-potential-difference detection form 2 head MI sensor according [ c ] the measurement result of the temperature characteristic of the coil electrical-potential-difference detection type single head MI sensor according the property of MI sensor of a single head that a used the conventional Schottky barrier diode, to the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor of the 1st example of this invention to the magnetic impedance effectiveness micro magnetometric sensor of the 2nd example of this invention, respectively.

[0040] The result whose temperature stability by common mode counter acting effect improved by about 4 times by the 2 head MI sensor was obtained so that clearly from this drawing. The drift of zero electrical potential difference in a 30 degrees C – 75 degrees C temperature change is 0.4%, and the high stability characteristics of 0.01%FS/\*\* were realized.

[0041] In addition, this invention is not limited to the above-mentioned example, and based on the meaning of this invention, various deformation is possible for it and it does not eliminate these from the range of this invention.

[0042] For example, MI sensor which extracts and carries out the peak hold of the 1st pulse of the electrical potential difference between the both ends of MI component which carried out pulse energization with an analog switch is also contained.

[0043]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, the following effectiveness can be done so as explained to the detail.

[0044] (A) Power consumption can be decreased while attaining stabilization of the temperature characteristic.

[0045] (B) According to the negative feedback effectiveness, a field sensor property without a hysteresis with sufficient linearity can be acquired.

[0046] (C) Improvement in the temperature stability by common mode counter acting effect can be aimed at.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of the magnetic impedance effectiveness micro (MAG MI) sensor circuit showing the 1st example of this invention.

[Drawing 2] It is the property Fig. of a coil pulse-voltage pair field showing the 1st example of this invention.

[Drawing 3] It is the property Fig. of the field (\*\*1Oe, 100Hz) detection by the magnetic impedance effectiveness micro MAG (MI) sensor in which the 1st example of this invention is shown.

[Drawing 4] It is drawing showing the temperature characteristic of the output voltage of the magnetic impedance effectiveness micro MAG (MI) sensor in which the 1st example of this invention is shown.

[Drawing 5] It is the block diagram of the magnetic impedance effectiveness micro (MAG MI) sensor circuit showing the 2nd example of this invention.

[Drawing 6] It is the property Fig. of the temperature of the output voltage of the magnetic impedance effectiveness micro MAG (MI) sensor in which the 2nd example of this invention is shown.

[Description of Notations]

Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7 CMOS inverter

1 11 0 magnetostriction amorphous wire

2 12 MI component (head)

3 13 Power circuit

4 14 Analog switch

5, 15, 16 Coil

6 17 Amplifier

7, 18, 19 Feedback coil

---

[Translation done.]



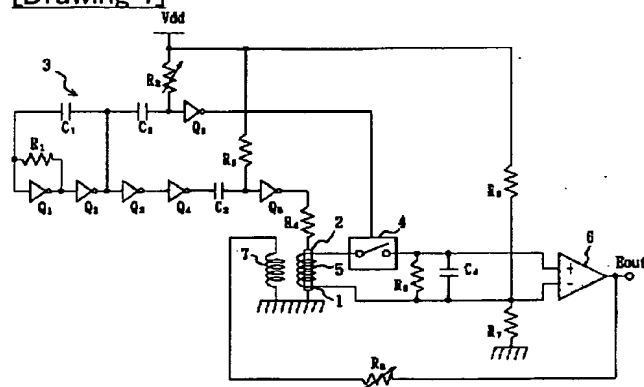
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

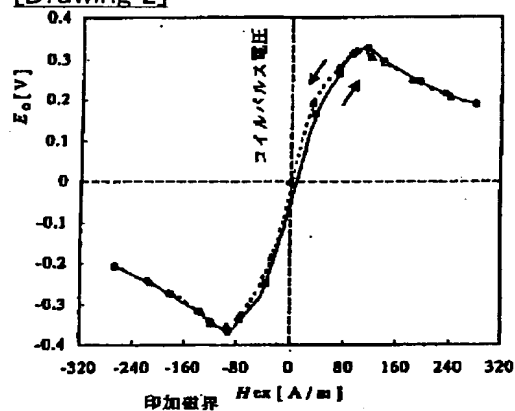
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

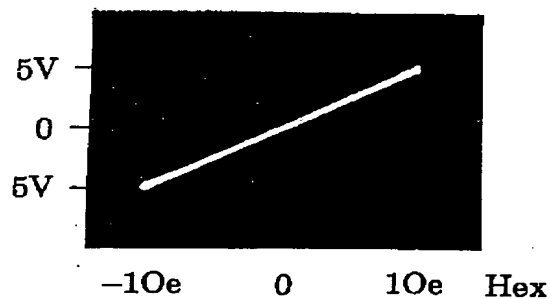
[Drawing 1]



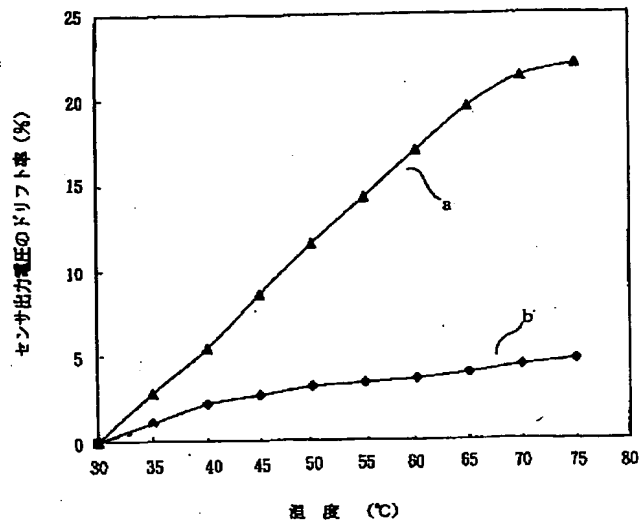
[Drawing 2]



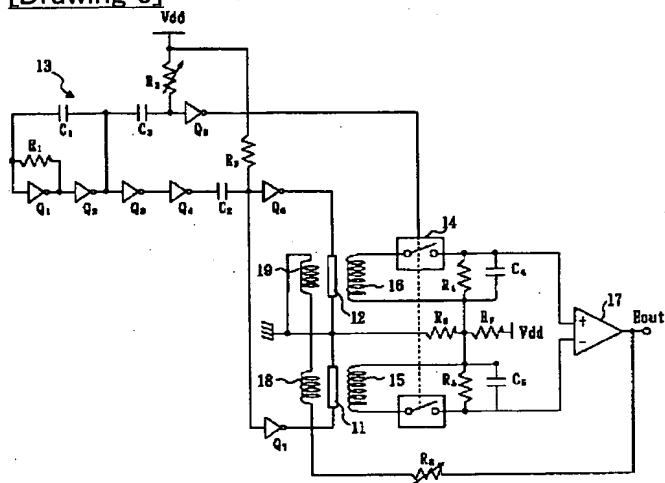
[Drawing 3]



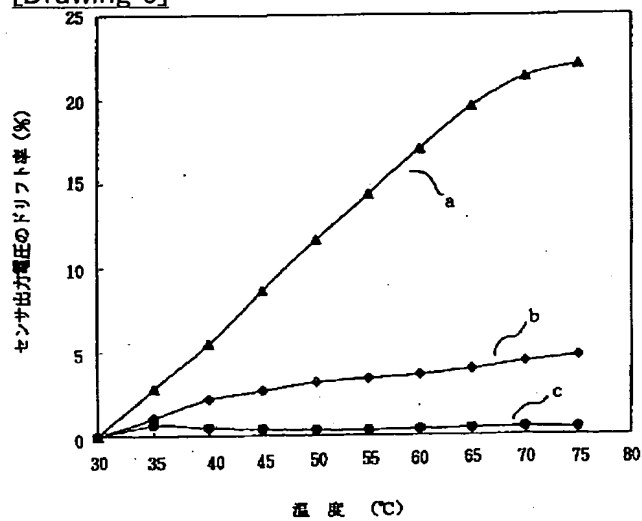
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-258517  
(P2000-258517A)

(43)公開日 平成12年9月22日(2000.9.22)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

テ-71-ト\*(参考)

G01R 33/02

G01R 33/02

D 2G017

G11B 5/33

G11B 5/33

H01L 27/22

H01L 27/22

43/00

43/00

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全6頁)

(21)出願番号 特願平11-62530

(22)出願日 平成11年3月10日(1999.3.10)

特許法第30条第1項適用申請有り 1998年9月21日～9月22日 電気学会東海支部他共催の「平成10年度電気関係学会東海支部連合大会」において文書をもって発表

(71)出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72)発明者 毛利 佳年雄

愛知県名古屋市長区島田黒石1213番地

(74)代理人 100089635

弁理士 清水 守

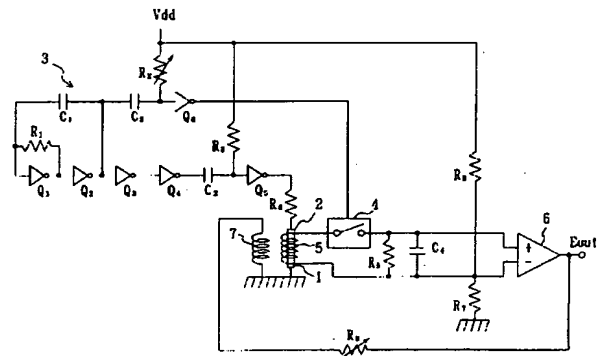
Fターム(参考) 2G017 AA01 AB05 AC04 AC09 AD42  
AD51 BA05

(54)【発明の名称】 磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサ

(57)【要約】

【課題】 温度特性の安定化を図るとともに、消費電力を減少させることができる磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサを提供する。

【解決手段】 磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、パルス通電電流で周回方向に励磁される高透磁率磁性体ヘッド2と、この高透磁率磁性体ヘッド2の周回方向に巻回されたコイル5と、このコイル5の誘起電圧の第1パルスを検出する電子スイッチ4とを具備する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 (a) パルス通電電流で周回方向に励磁される高透磁率磁性体ヘッドと、(b) 該高透磁率磁性体ヘッドの周回方向に巻回されたコイルと、(c) 該コイルの誘起電圧の第1パルスを検出する電子スイッチとを具備することを特徴とする磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサ。

【請求項2】 請求項1記載の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、前記高透磁率磁性体ヘッドはアモルファス磁性体を用いた磁性体ヘッドであることを特徴とする磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサ。

【請求項3】 請求項2記載の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、前記アモルファス磁性体ヘッドはアモルファスワイヤであることを特徴とする磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサ。

【請求項4】 請求項1、2又は3記載の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、前記高透磁率磁性体ヘッドは、周回方向に磁気異方性を持つヘッドであることを特徴とする磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサ。

【請求項5】 請求項1記載の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、前記パルス通電電流は、前記高透磁率磁性体ヘッドに表皮効果を生じさせ、磁気インピーダンス効果を発生させることを特徴とする磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサ。

【請求項6】 請求項1記載の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、前記電子スイッチに接続されるアンプからのセンサ出力電圧に比例した電流を印加させ、外部磁界 $H_{ex}$ を相殺する負帰還磁界を発生する帰還コイルとを具備することを特徴とする磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサ。

【請求項7】 請求項1又は6記載の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、前記高透磁率磁性体ヘッドを2ヘッドとなし、コモンモード相殺効果による温度安定性を高めることを特徴とする磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、微小磁界を温度安

定性が高く、かつ、高感度・高速応答で検出する磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の高感度磁気センサとしては、フラックスゲートセンサ及び既に本願発明者によって提案されている磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサ(MIセンサ)がある(例えば、特開平9-133742号公報、特開平9-329655号公報参照)。

【0003】 フラックスゲートセンサは、アポロ計画で月磁気検出に用いられたことで有名な高感度磁界センサであるが、ヘッドの長さ方向に交流磁界で励振することによるヘッド端部の反磁界の影響を避けるため、ヘッドの長さを、20~30mmに設定して、ヘッドの中央部の磁束変化の外部磁界に対する敏感性を利用して、マイクロガウスの高分解能を実現している。

【0004】 この原理的欠点のため、フラックスゲートセンサでは、ヘッドのマイクロ寸法化は不可能であり、ヘッド端部の磁界検出感度が低い磁気記録のヘッドや、高密度着磁体の表面局所磁界を検出するロータリーエンコーダ用ヘッドなどには適用できない。専ら、一様磁界に対してのみ高感度である。応答速度は、コイルによる大振幅励磁のため数kHzが一般的であり、数十kHz以上の磁界を検出することは困難である。さらに、この大振幅励磁のため、消費電力は10VA以上であり、携帯性には難がある。

【0005】 一方、MIセンサは、ヘッドの磁性体に高周波電流またはパルス電流を通電して表皮効果を生じさせることにより、そのインピーダンスが外部磁界で敏感に変化することを原理としており、反磁界を生じないため、ヘッドを1mm以下のマイクロ寸法に短く設定してもマイクロガウスの磁界検出分解能を発揮し、MHzの高速応答も容易であり、さらに、パルス電流励磁・パルス磁界バイアス方式MIセンサの消費電力は10mW程度であるので、携帯性に富んでいる。

【0006】 表1に、フラックスゲートセンサとMIセンサの基本性能の比較を示す。

## 【0007】

【表1】

磁界センサ	ヘッド寸法	分解能	応答周波数	消費電力
フラックスゲートセンサ	20mm	$10^{-6}$ G	数kHz	10VA
MIセンサ	1mm	$10^{-6}$ G	MHz	10mW

【0008】 このように、MIセンサはマイクロ寸法ヘッド、高感度、高速応答、低消費電力の4つの長所をすべて兼備する超高性能マイクロ磁気センサであるため、電磁波センサ、電磁波信号解析器、地磁気方位センサ、

ハンディ地磁気センサ、車速センサ、加速度センサなどへの実用化が急速に拡大している。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の

MIセンサは、検波用にショットキーバリアダイオードなどの高周波用ダイオードを使用しているため、例えば、自動車分野などへの応用に際して、センサの環境温度が大幅に変動する環境下では直流出力電圧が変動するという、温度特性の不安定性が解決すべき課題であることが判明した。

【0010】また、これまでのMIセンサでは、ヘッドにバイアス磁界を印加してリニア磁界センサを構成するため、消費電力が比較的大きくなる場合が多かった。

【0011】本発明は、上記問題点を除去し、温度特性の安定化を図るとともに、消費電力を減少させることができる磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサを提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、パルス通電電流で周回方向に励磁される高透磁率磁性体ヘッドと、この高透磁率磁性体ヘッドの周回方向に巻回されたコイルと、このコイルの誘起電圧の第1パルスを検出する電子スイッチとを具備するようにしたものである。

【0013】〔2〕上記〔1〕記載の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、前記高透磁率磁性体ヘッドはアモルファス磁性体を用いた磁性体ヘッドであることを特徴とする。

【0014】〔3〕上記〔2〕記載の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、前記アモルファス磁性体ヘッドはアモルファスワイヤであることを特徴とする。

【0015】〔4〕上記〔1〕、〔2〕又は〔3〕記載の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、前記高透磁率磁性体ヘッドは、周回方向に磁気異方性を持つヘッドであることを特徴とする。

【0016】〔5〕上記〔1〕記載の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、前記パルス通電電流は、前記高透磁率磁性体ヘッドに表皮効果を生じさせ、磁気インピーダンス効果を発生させるようにしたものである。

【0017】〔6〕上記〔1〕記載の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、前記電子スイッチに接続されるアンプからのセンサ出力電圧に比例した電流を印加させ、外部磁界 $H_{ex}$ を相殺する負帰還磁界を発生する帰還コイルとを具備するようにしたものである。

【0018】〔7〕上記〔1〕又は〔6〕記載の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサにおいて、前記高透磁率磁性体ヘッドを2ヘッドとなし、コモンモード相殺効果による温度安定性を高めるようにしたものである。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0020】まず、本発明の第1実施例について説明する。

【0021】図1は本発明の第1実施例を示す磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサ(MI)センサ回路の構成図である。

【0022】この図において、1は0磁歪アモルファスワイヤ、2はMI素子、3は $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$ 、 $Q_5$ 、 $Q_6$ (例えば、74AC04)のC-MOSインバータとCR微分回路からなる電源回路、4はアナログスイッチ(例えば、74HC4066)、5は0磁歪アモルファスワイヤ1の周回方向に巻回されたコイル、6はアンプ(例えば、AD524)、7は帰還コイル、 $R_1$ は510k $\Omega$ 、 $R_2$ は3k $\Omega$ 、 $R_3$ は200k $\Omega$ 、 $R_4$ は1 $\Omega$ 、 $R_5$ は5.1k $\Omega$ 、 $R_6$ は2k $\Omega$ 、 $R_7$ は2k $\Omega$ 、 $R_8$ は3k $\Omega$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ は100pFである。

【0023】この図に示すように、この実施例の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサ(MIセンサ)回路は、2mm長、30 $\mu$ m径の0磁歪アモルファスワイヤ1の両端に半田付けで電極を形成したMI素子2をヘッドとし、CMOSマルチバイブレータとCR微分回路からなる電源回路3で発生させた立ち上がり時間約5nsのパルス電流をMI素子2に印加し、このMI素子2の周回方向に巻回された40ターンのコイル5の誘起電圧を検出するように構成している。

【0024】上記0磁歪アモルファスワイヤ1は、厳密にはわずかに負の磁歪( $-10^{-7}$ )を持ち、張力アニールによって円周方向に異方性が誘導されているワイヤである。したがって、ワイヤ長さ方向の外部磁界 $H_{ex}$ が0の場合は、ワイヤ1の通電パルス電流による磁束の変化は円周方向のみであって、ワイヤ1の周回方向に巻回されたコイル5との鎖交磁束が0であり、このコイル5の誘起電圧は0である。

【0025】外部磁界 $H_{ex}$ が印加されると、ワイヤ1の磁化ベクトルがワイヤ軸方向に傾斜し、通電パルス電流による円周方向の磁界によって磁化ベクトルが円周方向に回転する。この時の磁束変化のワイヤ軸方向成分がコイル5と鎖交し、コイル5に誘起電圧が発生する。このコイル5の誘起電圧の符号は外部磁界 $H_{ex}$ の符号と逆になる。ワイヤ1は表皮効果のため磁壁の移動が抑制され、磁化ベクトルの回転のみが生じる。この磁化動作のため、この回路構成におけるコイル5の誘起電圧は、従来のようにバイアス磁界を印加することなく、外部磁界 $H_{ex}$ に比例した電圧となり、リニア磁界センサの特性を表す。

【0026】しかし、急峻なパルス電流による鎖交磁束の急激な変化のため、誘起電圧波形は純粋なパルス電圧波形でなく、コイル5の浮遊容量によるLC振動波形と

なる。この振動波形の第1パルス波形のみが外部磁界 $H_{ex}$ に比例して高感度に変化するため、高感度磁界センサを構成するためには、第1のパルス波形のみを抽出する必要がある。ここでは、アナログスイッチ4によって、第1のパルス波形のみを抽出する。

【0027】図2は、縦軸をコイル誘起電圧の第1のパルスの高さをピークホールドした値 $E_{out}$ 、横軸を印加磁界 $H_{ex}$ とした実験結果を示す。 $|H_{ex}|$ を0から約1.2 Oeまで増加させると、 $E_{out}$ は $H_{ex}$ に比例して増加し、 $|H_{ex}| > 1.2$  Oeまでは $E_{out}$ が減少して

【0028】このアナログスイッチ4のトリガパルスは、ワイヤ通電パルスより進み位相にする必要があり、ワイヤ通電パルスは2個のインバータ( $Q_3$ ,  $Q_4$ )を通して約10 ns遅らせるようにしている。

【0029】このコイル5の誘起パルス電圧の第1パルスの高さはピークホールド回路( $R_5$ ,  $C_4$ )で直流電圧に変換され、アンプ6でセンサ出力電圧となる。センサ出力電圧に比例した電流は、帰還コイル7に印加されて、外部磁界 $H_{ex}$ を相殺する負帰還磁界を発生する。

【0030】この負帰還効果によって、図3に示すように、直線性の良いヒステリシスのない磁界センサ特性が得られる。

【0031】図4は本発明の第1実施例の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサの出力電圧の温度特性温度特性を示す図であり、縦軸にセンサ出力電圧のドリフト率(%)、横軸に温度( $^{\circ}C$ )を示している。

【0032】この図において、aは従来のショットキーバリアダイオードを用いた単ヘッドのMIセンサの特性を、bは本発明の第1実施例の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサによるコイル電圧検出形単ヘッドMIセンサの温度特性の測定結果を示している。

【0033】センサ全体を電気炉に設置し、温度を室温から80 $^{\circ}C$ まで上昇させた場合の、0電圧の変化であり、本発明のMIセンサでは、フルスケール電圧に対する0電圧の発生率が従来のMIセンサの約1/5に減少していることが分かる。

【0034】次に、本発明の第2実施例について説明する。

【0035】図5は本発明の第2実施例を示す磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサ(MIセンサ)回路の構成図である。

【0036】この図において、11は0磁歪アモルファスワイヤ、12はMI素子、13はCMOSマルチバイブレータとCR微分回路を含む電源回路、 $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ ,  $Q_4$ ,  $Q_5$ ,  $Q_6$ ,  $Q_7$ (例えば、74AC04)はC-MOSインバータを構成している。また、アナログスイッチ14(例えば、74HC4066)、コイル15, 16, アンプ17(例えば、AD524)、帰還コイル18, 19を備えている。 $R_1$ は5.1 k

$\Omega$ 、 $R_2$ は3 k $\Omega$ 、 $R_3$ は200 $\Omega$ 、 $R_4$ ,  $R_5$ は51 k $\Omega$ 、 $R_6$ ,  $R_7$ は2 k $\Omega$ 、 $R_8$ は3 k $\Omega$ 、 $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$ は100 pFである。

【0037】この第2実施例では、第1実施例のMIセンサ回路を2ヘッド回路に発展させて、コモンモードノイズを相殺することにより温度安定性の良いセンサを構成するようにしている。

【0038】図6は本発明の第2実施例の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサの出力電圧の温度特性を示す図であり、縦軸にセンサ出力電圧のドリフト率(%)、横軸に温度( $^{\circ}C$ )を示している。

【0039】この図において、aは従来のショットキーバリアダイオードを用いた単ヘッドのMIセンサの特性を、bは本発明の第1実施例の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサによるコイル電圧検出形単ヘッドMIセンサの温度特性の測定結果を、cは本発明の第2実施例の磁気インピーダンス効果マイクロ磁気センサによるコイル電圧検出形2ヘッドMIセンサの温度特性の測定結果をそれぞれ示している。

【0040】この図から明らかなように、2ヘッドMIセンサにより、コモンモード相殺効果による温度安定性が約4倍に向上した結果が得られた。30 $^{\circ}C$ ~75 $^{\circ}C$ の温度変化における0電圧のドリフトは0.4%であり、0.01%FS/ $^{\circ}C$ の高安定特性が実現された。

【0041】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0042】例えば、パルス通電したMI素子の両端間の電圧の第1パルスをアナログスイッチで抽出してピークホールドするMIセンサも含まれる。

【0043】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、次のような効果を奏することができる。

【0044】(A) 温度特性の安定化を図るとともに、消費電力を減少させることができる。

【0045】(B) 負帰還効果によって、直線性の良いヒステリシスのない磁界センサ特性を得ることができる。

【0046】(C) コモンモード相殺効果による温度安定性の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示す磁気インピーダンス効果マイクロ磁気(MI)センサ回路の構成図である。

【図2】本発明の第1実施例を示すコイルパルス電圧対磁界の特性図である。

【図3】本発明第1実施例を示す磁気インピーダンス効果マイクロ磁気(MI)センサによる磁界( $\pm 1$  Oe, 100 Hz)検出の特性図である。

【図4】本発明の第1実施例を示す磁気インピーダンス

効果マイクロ磁気 (MI) センサの出力電圧の温度特性を示す図である。

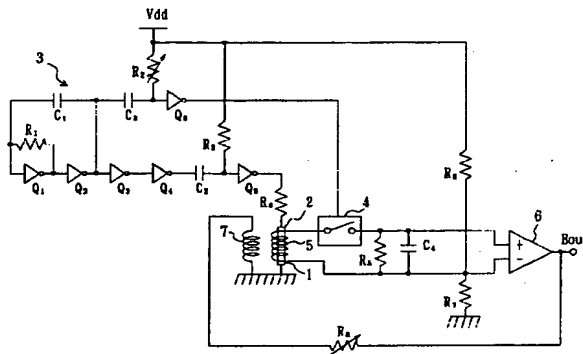
【図5】 本発明の第2実施例を示す磁気インピーダンス効果マイクロ磁気 (MI) センサ回路の構成図である。

【図6】 本発明の第2実施例を示す磁気インピーダンス効果マイクロ磁気 (MI) センサの出力電圧の温度の特性図である。

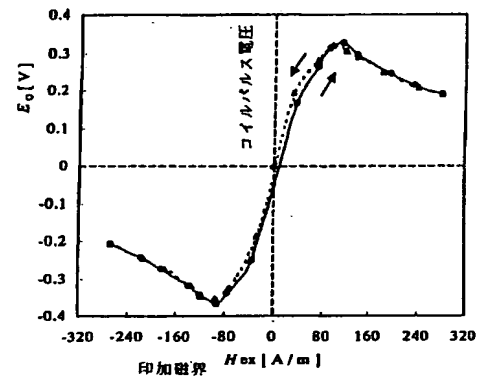
【符号の説明】

$Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6, Q_7$  C-M

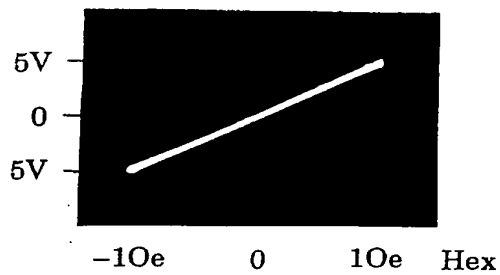
【図1】



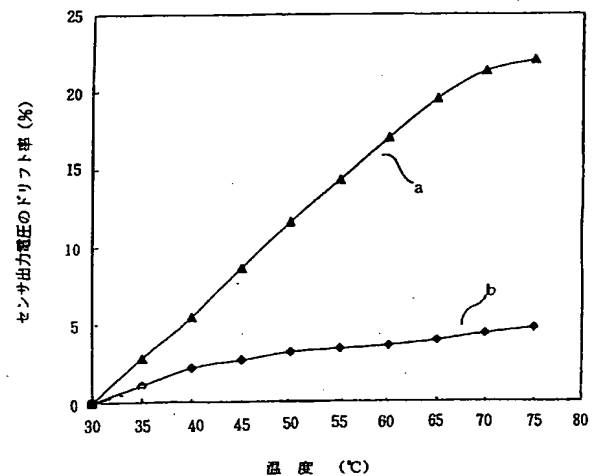
【図2】



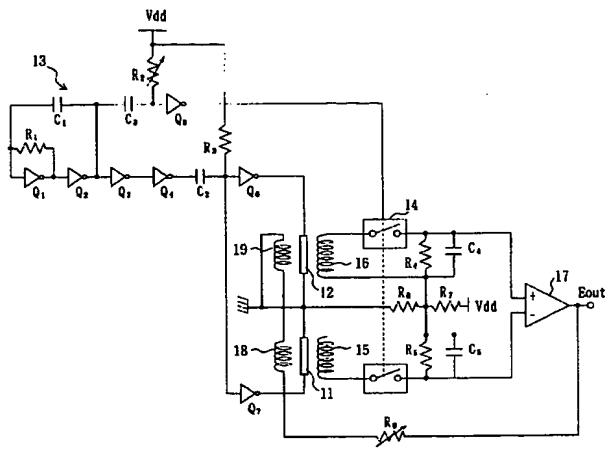
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

